

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ФІЗИЧНОЇ РЕЛАКСАЦІЇ УЧНІВ ЗАГАЛЬНООСВІТНЬОЇ ШКОЛИ

Проведено статистичну обробку даних педагогічного експерименту, який дозволив отримати кількісну інформацію про проміжок часу, по закінченню якого настає середній рівень втоми для старшокласниць. Зроблено висновок, що термін проведення комплексу відновлювальних аеробних вправ, направлених на релаксацію організму, може знаходитися в межах 15 хвилин для більшості старшокласниць.

Ключові слова: релаксація, фізичний розвиток, старшокласники, тестування, вправи.

Проведено статистическую обработку данных педагогического эксперимента, который позволил получить количественную информацию об интервале времени, по окончанию которого наступает средний уровень утомления для старшекласниц. Сделан вывод о том, что интервал проведения комплекса восстановительных аэробных упражнений, направленных на релаксацию организма, может находиться в пределах 15 минут для большинства старшекласниц.

Ключевые слова: релаксация, физическое развитие, старшекласники, тестирование, упражнения.

Statistical data processing of pedagogical experiment which has allowed to receive the quantitative information on an interval of time on which ending there comes an average level of exhaustion for pupils is lead. The conclusion that the interval of carrying out of a complex of the regenerative aerobic exercises directed on a relaxation of an organism, can be within the limits of 15 minutes for the majority of pupil girls is made.

Key words: relaxation, physical development, starsheklasniki, testing, exercises.

Загальновідомо, що навчальне навантаження учнів є нормативним – це прерогатива шкільної програми [1]. Що ж до фізичного навантаження (як засобу релаксації організму проти втоми, тобто переключення задіяних м'язових груп і центрів збудження), то воно варіюється залежно від умов виховання в сім'ї та школі.

До кінця уроків, на тлі прогресуючої розумової втоми, спостерігається збільшення варіаційного розмаху серцевого ритму [2], в результаті чого системи організму перебудовуються на нижчий рівень функціонування. Різкі коливання фізіологічних характеристик організму старшокласників, як у бік підвищення, так і в бік зниження, свідчать про надмірність навчального навантаження [3], у зв'язку з чим процедура отримання достатньо об'єктивних даних про релаксаційні процеси організму старшокласників є важливим метрологічним завданням спортивної педагогіки [4].

Мету роботи склали процеси фізичної релаксації організму підлітків. Якісний показник, яким є втома дитячого організму, засобами тестування був перевизначений у кількісну характеристику. Далі було поставлено задачу проведення статистичного аналізу результатів тестових досліджень фізичної релаксації старшокласників. Для реалізації мети дослідження протягом 2008-2009 н. р. проведено педагогічний експеримент, у якому взяли участь 50 старшокласниць ЗОШ № 38 м. Одеси у віці 14-16 років. Вибір цієї категорії учнів мотивований даними про те, що інтенсивність зниження втоми шляхом введення фізичних вправ, орієнтованих на релаксацію організму, найбільш вираженою була саме у дев'ятикласниць-десятикласниць, незалежно від профілю предметів, що вивчалися ними протягом дня. Між іншим, коливання статистичних параметрів серцевого ритму дівчат реалізується швидше, аніж інші

функціональні показники. Тому саме цей показник може служити сигналом про надмірність запропонованого фізичного навантаження старшокласників. Аналіз даних, отриманих засобами тестуванням, засвідчив про те, що старшокласниці в основному розпочинають заняття за такими значеннями фізіологічних параметрів, які відповідають мобілізаційній готовності організму до майбутнього навчального навантаження. А дослідження діяльності серцевого ритму школярки показало, що підготовка до розумової роботи і виконання навчальних завдань спричиняє закономірну аритмію серцевого м'яза.

Виявлені прояви низького рівня працездатності свідчать про недостатнє відновлення функціонального стану серцево-судинної системи школярки після минулого дня, тобто акумулювання втоми. Для відновлення належного рівня працездатності дівчатам було рекомендовано регулярно виконувати фізичні вправи [5] на початку навчального дня і після уроків. Отримані показники заносилися в індивідуальні картки учениць і оброблялися методами статистики з застосуванням кореляційного та дисперсійного аналізу. Отримані коефіцієнти кореляції ілюструють тісний зв'язок між тими параметрами, які фіксувалися під час виконання тесту, і показниками ритму роботи серця. Далі відстежувалася динаміка регуляції серцевого ритму всіх дівчат, що дозволило виявити зміни хронотропної функції серця у різні тимчасові періоди (протягом дня, тижня, навчального року).

Слід зауважити, що комплектування однорідних за складом груп ускладнювалося тим, що всі існуючі критерії однорідності є недосконалими, тому дані контрольних тестів можуть служити лише відносним показником однорідності. Проте чим краще і повніше нам вдавалося вирівняти умови проведення експерименту, тим більш ефективними були його результати, оскільки з'явилася можливість чітко прослідкувати зв'язок між використаним методом тестування і досягненнями учасниць контрольної групи.

Результати тестування контрольної групи (КГ), яка складається зі студенток I курсу Інституту фізичної культури і реабілітації ПДПУ ім. К.Д. Ушинського, свідчать, що збільшення навантаження включає «у роботу» все більшу кількість м'язів, внаслідок чого роль енерговитрат, направлених на забезпечення тієї або іншої спортивної пози під час виконання аеробних вправ, зростає і сягає значення, яке удвічі перевищує нормативну величину (дані отримані на кафедрі гімнастики ПДПУ). Зауважимо, що в особливих випадках (коли йдеться про тестування осіб з обмеженими можливостями) необхідно вносити певні зміни до процедури

тестування, наприклад, виконувати вправи лежачи, а не сидячи, їзду на велосипеді замінити обертанням рук.¹

Упродовж 2008-2009 навчального року для визначення критичного рівня втоми організму старшокласників нами використовувався ергометричний степ-тест як найдоступніший для проведення вимірювань. Дослідження проводилися у ЗОШ № 38 м. Одеси та в Інституті фізичної культури і реабілітації ПДПУ ім. К.Д. Ушинського.

Також проводився стандартний третбан-тест. При цьому частота складала 22 підйоми за 1 хвилину; робота в період акомодатії і при первинному навантаженні в тесті виконувалася без сходинки, а висота сходинок збільшувалася на 15 мм у тій самій послідовності, як і в стандартному степ-тесті.

З метою виховання фізичних якостей у юних спортсменок, а також для вдосконалення гліколітичних анаеробних можливостей було збільшено тривалість виконання серії вправ від 20 до 30-45 секунд. Крім того, якщо повторювати 10-секундні серії фізичних вправ з 10-15-секундними інтервалами відпочинку підряд 10-15 разів і більше, то можна змінити загальну спрямованість навантаження на вдосконалення аеробної потужності. Збільшення тривалості пауз відпочинку (наприклад, до 30 секунд) буде спрямовувати навантаження на збільшення аеробної місткості та ефективності використання енергетичного потенціалу організму.

При проведенні тестування застосовувалася *візуальна ідентифікація* ступеня стомлення дівчат, в основу якого було покладено наступні критерії:

- 1) невелике почервоніння шкіри, незначна пітливість, збільшення частоти дихання, що свідчить про *невеликий рівень втоми*;
- 2) значне почервоніння, велика пітливість, глибоке похитування дихання і порушення координації рухів (похитування, невпевнений крок) – *середній рівень втоми*;
- 3) перевтомлення, яке виявляється в різкому почервонінні або зблідненні, досить значній пітливості, різко прискореному, поверхневому диханні, глибоких порушеннях координації рухів.

У табл. 1 наведено експериментальні дані, отримані у порядку їх надходження. В даному прикладі вибірка являє собою 50 вимірних значень ознаки (час виконання тестової серії вправ (у хвилинали); виконання припинялося, як тільки з'являлися ознаки середнього рівня втоми спортсменки), тобто об'єм вибірки $n = 50$.

Як видно, вже при такому порівняно невеликому об'ємі вибірки таблиця початкових даних стає досить об'ємною. Тому доцільно використовувати групування даних вибірки за інтервалами, кожний з яких містить деякий діапазон значень ознаки.

¹ Оскільки ефективність указаних видів роботи є різною, то «нормальний» зв'язок «кгм/хв – кисневий запит» у даному випадку дослідити практично неможливо.

Первинні дані тестування, отримані в порядку їх надходження

16,2	15,4	15,3	15,3	15,3	15,4	16,8	17,8	16,2	15,9
15,5	14,5	16,0	15,5	15,8	14,7	16,0	15,6	15,5	15,0
14,3	14,8	13,7	14,8	14,2	12,8	14,6	15,0	13,6	14,2
16,6	16,1	16,1	14,2	15,8	16,9	15,6	15,6	16,4	16,4
15,8	15,8	16,2	16,2	14,2	15,0	16,1	15,0	15,2	14,2

Число інтервалів (k) для даного об'єму вибірки (n) можна визначити за формулою Стерджеса [6]:

$$k = 1 + 3,32 \cdot \lg n,$$

де у нашому випадку $k = 1 + 3,32 \cdot \lg 50 = 6,6 \approx 7$.

Ширина кожного інтервалу (h) визначалася як:

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k},$$

де x_{\max} і x_{\min} – максимальна і мінімальна ознаки вибірки, що знайдені безпосередньо за табл. 1:

$$h = \frac{17,8 - 12,8}{7} = 0,714 (xв).$$

Оскільки початкові значення занесені в табл. 1 з точністю до 0,1 хв, то знайдене значення ширини інтервалу визначимо з урахуванням цієї точності, провівши процедуру округлення у бік збільшення (тобто $h \approx 0,8$ хв). Далі визначаються межі інтервалів за наступним алгоритмом.

Нижня межа першого інтервалу угруповання вибирається таким чином, щоб мінімальна варіанта вибірки (у нашому випадку це значення $x_{\min} = 12,8$) потрапляла в середину першого інтервалу, тобто в нашому випадку нижня межа першого інтервалу дорівнює:

$$x_{н1} = x_{\min} - \frac{h}{2} = 12,8 - \frac{0,8}{2} = 12,4 (xв).$$

Додавши до цього значення ширину інтервалу, отримаємо верхню межу першого інтервалу, тобто:

$$x_{в1} = x_{н1} + h = 12,4 + 0,8 = 13,2 (xв).$$

Аналогічно можна визначити решту меж інтервалів (у нашому випадку – 7 інтервалів). Заносимо ці результати в другий стовпчик статистичної табл. 2. Після того, як намічено межі всіх інтервалів, залишається розподілити по цих інтервалах вибіркові варіанти ознаки.²

Таблиця 2

Статистична таблиця даних тестового комплексу

№ інтервалу	Межі інтервалів	Середні значення	Розподіл даних	Частоти	Накопл. частоти	Частоті	Накопл. частоті
1	12,4-13,1	12,8	\	1	1	0,02	0,02
2	13,2-13,9	13,6	\	2	3	0,04	0,06
3	14,0-14,7	14,4	\ \ \	9	12	0,18	0,24
4	14,8-15,5	15,2	\ \ \ \ \ \	15	27	0,30	0,54
5	15,6-16,3	16,0	\ \ \ \ \ \ \	17	44	0,34	0,88
6	16,4-17,1	16,8	\ \	5	49	0,10	0,98
7	17,2-17,9	17,6	\	1	50	0,02	1,00
	Сума			50		1,00	

Наступні стовпчики статистичної табл. 2 заповнюються таким чином. Середні значення інтервалів (розташовуються в третьому стовпці табл. 2 визначимо за формулою:

$$x_i = x_{ni} + \frac{h}{2}.$$

Четвертий стовпчик статистичної табл. 2 дозволяє уникнути помилок, що виникають при обробці даних.

Отже, маючи перед собою таблицю первинних даних (табл. 1), умовними позначками, наприклад, рисками, відзначаючи повторюваність варіант у

кожному інтервалі, тобто по порядку для кожного з чисел, представлених у табл. 1, ставимо умовну позначку в рядку табл. 3, який відповідає інтервалу угруповання, куди це число потрапляє. Після того, як початкові дані вичерпані, залишається підрахувати число умовних позначок в кожному рядку табл. 2. Отримані числа записують у п'ятий стовпчик табл. 2 (т. зв. частоти повторення ознаки в тому або іншому інтервалі – n_i). Загальна сума частот завжди повинна дорівнювати об'єму вибірки (n). Накопичена частота (шостий стовпчик табл. 2) визначається послідовним підсумовуванням

² Однак при цьому може виникнути таке питання: як вчинити, якщо яка-небудь із варіант попадає точно на межу сусідніх інтервалів? Такі варіанти можуть бути із однаковою обґрунтованістю віднесені до будь-якого з сусідніх інтервалів. Щоб уникнути невизначеності в даній ситуації, необхідно зменшити верхні межі всіх інтервалів на величину, яка дорівнює точності вимірювання ознаки (у нашому випадку – 0,1 хв).

частот у напрямі від першого інтервалу до останнього, до того інтервалу включно, для якого визначається накопичена частота. Накопичені частоти позначаються символом n_{xl} . Частістю (відносною частотою) називається відношення частоти до об'єму вибірки (сьомий стовпчик). Позначимо частоти через f_i , тоді

$$f_i = \frac{n_i}{n}.$$

Накопиченою частістю (F_i) називається відношення накопиченої частоти до об'єму вибірки (восьмий стовпчик):

$$F_i = \frac{n_{x_i}}{n}.$$

Слід відмітити, що сума всіх частостей завжди дорівнює одиниці.

Разом з середніми значеннями обчислюють характеристики розсіювання вибірки, а саме:

- розмах варіації: $R = x_{max} - x_{min}$;
- дисперсію (найважливіша характеристика розсіювання) – це середній квадрат відхилення ознаки від середнього арифметичного. Вибіркову дисперсію (S^2) обчислюють за вибірковими даними, тобто

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^k x_i^2 \cdot n_i - \frac{\left(\sum_{i=1}^k x_i \cdot n_i \right)^2}{n} \right];$$

- стандартне (середнє квадратичне) відхилення, під яким розуміють позитивний корінь квадратний з дисперсії:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

Розмірність стандартного відхилення, на відміну від розмірності дисперсії, співпадає з одиницями вимірювання варіюючої ознаки, тому на практиці для характеристики розсіювання часто використовують стандартне відхилення, а

не дисперсію.

Для нашої вибірки об'ємом $n = 50$ дисперсія

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^k x_i^2 \cdot n_i - \frac{\left(\sum_{i=1}^k x_i \cdot n_i \right)^2}{n} \right] = \frac{1}{50-1} \left[11938,56 - \frac{(771,2)^2}{50} \right] = 0,89,$$

дорівнює:

а стандартне відхилення:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0,89} = 0,9.$$

Для розрахунків дисперсії і стандартного відхилення можна побудувати допоміжну табл. 3. Для отриманих нами результатів дослідження вибіркоче стандартне відхилення (при $n = 50$) складає 0,94 хв.

Викликає інтерес те, яким повинен бути мінімальний об'єм вибірки, щоб оцінка вибіркового середнього арифметичного відрізнялася від дійсного значення середнього значення генеральної сукупності не більше, ніж на задану величину. Задаючи довірчу ймовірність 95 %, за формулою

$$n = \left(\frac{S \cdot u_\alpha}{d} \right)^2$$

знаходимо, що $n = 339$; тут: d – величина, що задається, на яку відрізняється вибіркоче середнє від середнього генерального³ (математичне очікування μ); u_α – процентні точки нормованого нормального розподілу, які визначаються з таблиці [6].

Таким чином, якщо в об'ємі вибірки $n = 339$, існує 95 % ймовірність того, що вибіркоче середнє арифметичне приведених нами результатів досліджень відрізнятимуться від генерального середнього не більш, ніж на 0,1 хв.

Побудуємо полігон частот (теоретичним аналогом якого є *функція розподілу* випадкової величини) для приведених вище даних експерименту – це ламана, яка сполучає серединні значення інтервалів угруповання (вісь 0X) і частоти цих інтервалів

Таблиця 3

№ інтервалу	Серединні значення, x_i , с	Частоти, n_i	$x_i \cdot n_i$	$n_i \cdot x_i^2$
1	12,8	1	12,8	163,84
2	13,6	2	27,2	369,92
3	14,4	9	129,6	1866,24
4	15,2	15	228,0	3465,6
5	16,0	17	272,0	4352
6	16,8	5	84,0	1411,2
7	17,6	1	17,6	309,76
	Сума		771,2	11938,56

³ Середнє значення генеральної сукупності μ є хоча і невідомим, але фіксованим параметром; межі довірчого інтервалу, отримані за випадковою вибіркою об'єму n , будуть також випадковими величинами. Коли говориться про 95 % довірчу ймовірність, то це означає, що приблизно у 95 % випадках фіксоване, але невідоме значення μ виявиться в межах довірчого інтервалу.

Функція розподілу випадкової величини (в даному випадку ознаки x_i) може бути отримана з представленого на рис. 1 полігону частот шляхом застосування методу сплайн-функцій, добре розробленого в курсі вищої математики [7] і в

даний час широковідомого в кількісних методах комп'ютерної обробки даних. З цією метою використовувалася програма **CURVE-expert** (спрощений варіант науково-дослідного пакету **ORIGIN**).

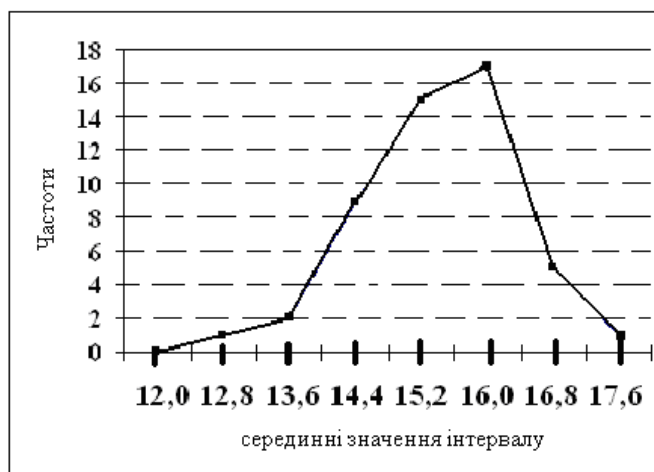


Рис. 1. Полігон частот результатів тестування

Провівши згладжування «ламаного» полігону частот (рис. 1), отримаємо залежність, зображену на рис. 2, якій у відповідність поставлена аналітична залежність, що виражається формулою розподілу Гауса

$$f(x) = A \cdot \exp\left(-\frac{(x-b)^2}{2c^2}\right)$$

з коефіцієнтами, які дорівнюють: $a = 17,621139$, $b = 15,519069$, $c = 0,89716084$.

За цим графіком вдається визначити математичне очікування μ для даної генеральної сукупності

об'єктів, використовуючи стандартну процедуру інтегрування [7]:

$$\mu = \int_0^{\infty} f(x) dx = \int_0^{\infty} A \cdot \exp\left(-\frac{(x-b)^2}{2c^2}\right) dx.$$

Таким чином, статистична обробка даних педагогічного експерименту дозволяє отримати важливий кількісний параметр – інформацію про проміжок часу, по закінченню якого наступає *середній рівень втоми* для старшокласниць, які виконували серію тестів.

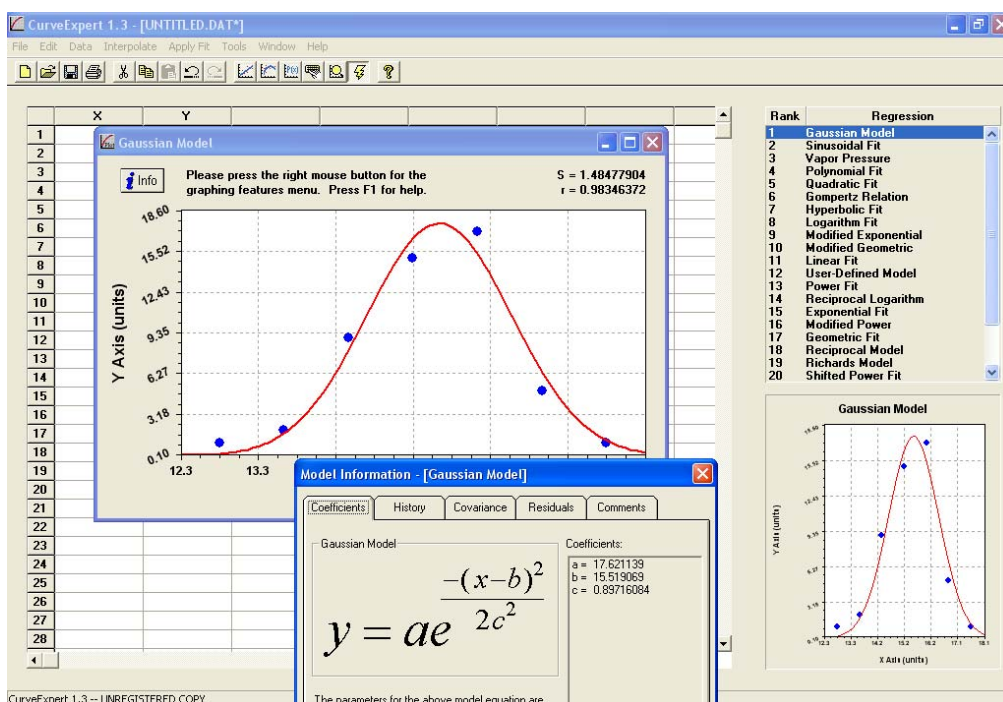


Рис. 2. Емпіричний розподіл і його апроксимація функцією Гауса (використовувалася програма CURVE-expert)

У нашому випадку ця величина відповідає 15,1 хв. Отже, термін проведення комплексу відновлювальних аеробних вправ, направлених на релаксацію організму, по закінченню навчальних занять у школі (робочого дня), може

знаходитися в межах 15 хвилин для більшості старшокласниць (усього лише 9 дівчат з 50-ти, тобто менше 18 %, не в змозі витримати цей часовий норматив).

ЛІТЕРАТУРА

1. Сердюковская Г.Н., Сухарев А.Г. Гигиенические основы режима дня и учебно-воспитательного процесса // Гигиена детей и подростков. – М.: ПЕБ, 2006. – 176 с.
2. Антропова М.В. и др. Режим дня, работоспособность и состояние здоровья школьников. – М.: Просвещение, 1994. – 136 с.
3. Царик А.В. Физическая культура как основа образа жизни сегодня и в XXI веке // Теория и практика физической культуры. – 2005. – № 1. – С. 3-5.
4. Архангельский С.И., Михеев В.И. Теоретические основы научной организации педагогических исследований. – М.: Просвещение, 2006. – 313 с.
5. Буц Л.М. Художньо-коригувальна гімнастика для формування постави. – К.: Рад. школа, 2000. – 211 с.
6. Иванов В.С. Основы математической статистики. – М.: ФИС, 2000. – 211 с.
7. Смирнов В.И. Курс высшей математики. – М.: Физматгиз, 2001. – Т. 1. – 478 с.
8. Ковальчук В.В. Основы научных исследований: Навчальний посібник. – К.: ВД «СЛОВО», 2009. – 237 с.

Рецензенти: Жаровцева Т.Г., д.пед.н., доц.;
Дроздов В.О., д.ф.-м.н., проф.

© Колісніченко О.Л., Ковальчук В.В., Павленко Т.К., 2009

Дата надходження статті до редколегії: 25.12.2009 р.